

# 东南大学电工电子实验中心

## 实 验 报 告

课程名称： 电路实验

### 第 2 次实验

实验名称： 应用 Multisim 软件工具设计电路验证网络定理

院（系）： 电气工程学院 专 业： 电气工程及其自动化

姓 名： 王皓冬 学 号： 16022627

实 验 室： 电子技术 2 室-103 实验组别：

同组人员： 无 实验时间： 2023 年 10 月 30 日

评定成绩：  审阅教师：

## 一、实验目的

1. 设计电路分别对电阻元件及半导体元件验证叠加定理、对纯电阻电路验证戴维宁定理，通过实验加深对参考方向、基尔霍夫定理、叠加定理、戴维南定理的理解。
2. Multisim 软件入门：元器件配置、电路连接、电路参数测试。
3. 通过学习对实验结果的分析对比，了解虚拟仿真与实物实验的差异。

## 二、实验原理

1. 基尔霍夫定理：电路中电流和电压分别应遵循的基本规律。基尔霍夫定理包括基尔霍夫电流定理和基尔霍夫电压定理。

基尔霍夫电流定理（KCL）：任意时刻，流进和流出电路中节点的电流的代数和等于零，即 $\sum I = 0$ 。

基尔霍夫电压定理（KVL）：在任何一个闭合回路中，所有的电压降之和等于零，即 $\sum V = 0$ 。

2. 叠加定理：在线性电路中，任一支路的电流或电压等于电路中每一个独立源单独作用（令其他独立源为零值）时，在该支路所产生的电流或电压的代数和。

3. 戴维宁定理：对外电路来讲，任何复杂的线性有源一端口网络都可以用一个电压源和一个等效电阻的串联来等效。此电压源的电压等于一端口的开路电压 $U_{oc}$ ，而电阻等于一端口的全部独立电源置零后的输入电阻 $R_o$ 。实验中往往采用电压表测开路电压 $U_{oc}$ ，用电流表测端口短路电流 $I_{sc}$ ，等效电阻 $R_o$ 等于开路电压 $U_{oc}$ 除以短路电流 $I_{sc}$ ，即 $R_o = U_{oc} / I_{sc}$ 。

## 三、实验内容

### （1）基尔霍夫定理、叠加定理的验证

a) 按图 1 所示实验电路建立电路。参照表 1（按图 1 电路设计）用电压表和电流表测量各电阻两端电压和各支路电流。计算测量结果并分析说明。

电路原理图：

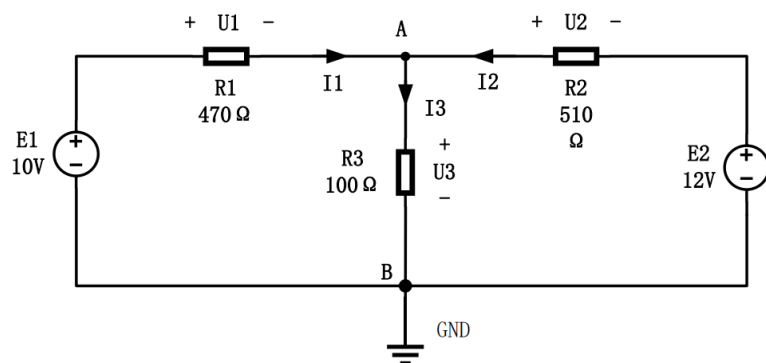


图 1 电路原理图

Multisim 搭建的仿真电路图：

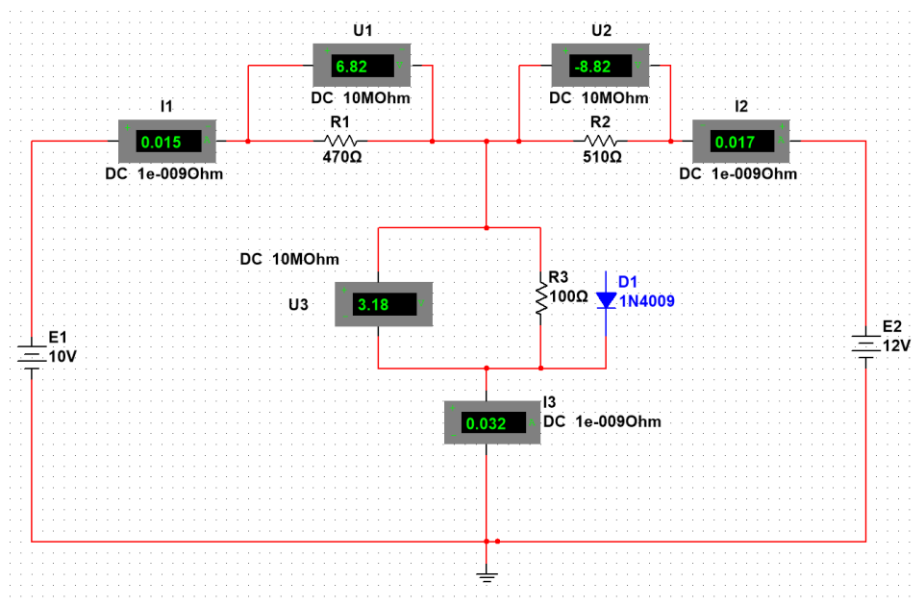


图 2 E1、E2 同时作用时

应用结点电压法，设 R3 上端结点电压为  $U_n$ ，则结点电压方程：

$$U_n \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}$$

解得：

$$U_n = 3.1803 \text{ V}$$

故

$$\begin{cases} I_1 = \frac{E_1 - U_n}{R_1} = 0.0145 \text{ A} \\ I_2 = \frac{E_2 - U_n}{R_2} = 0.0173 \text{ A} \\ I_3 = \frac{U_n}{R_3} = 0.0318 \text{ A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_1 = I_1 R_1 = 6.815 \text{ V} \\ U_2 = -I_2 R_2 = -8.823 \text{ V} \\ U_3 = I_3 R_3 = 3.18 \text{ V} \end{cases}$$

四舍五入后与仿真参数相符。

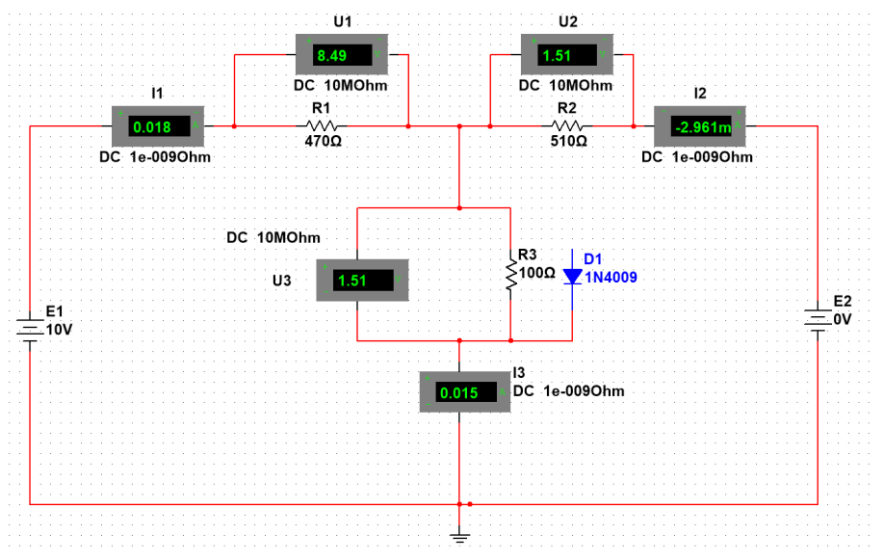


图 3 E1 单独作用

$$\begin{cases} I_1 = \frac{E_1}{R_1 + R_2 // R_3} = 0.0181 \text{ A} \\ I_2 = -I_1 \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = -0.002967 \text{ A} \\ I_3 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 0.0151 \text{ A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_1 = I_1 R_1 = 8.507 \text{ V} \\ U_2 = -I_2 R_2 = 1.5132 \text{ V} \\ U_3 = I_3 R_3 = 1.51 \text{ V} \end{cases}$$

计算结果与仿真结果偏差极小，误差来源于 I1 的精度（I2、I3 是根据 I1 的值得出的）。

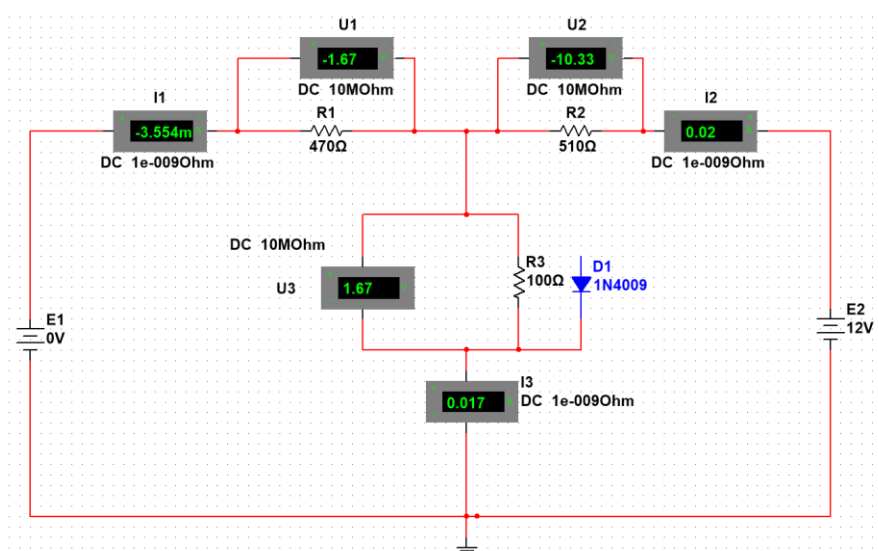


图 4 E2 单独作用

$$\begin{cases} I_1 = -I_2 \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 0.003561 \text{ A} \\ I_2 = \frac{E_2}{R_2 + R_1 // R_3} = 0.0203 \text{ A} \\ I_3 = I_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 0.0167 \text{ A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_1 = -I_1 R_1 = -1.6738 \text{ V} \\ U_2 = -I_2 R_2 = -10.353 \text{ V} \\ U_3 = I_3 R_3 = 1.67 \text{ V} \end{cases}$$

计算结果与仿真结果偏差极小，误差来源于 I2 的精度（I1、I3 是根据 I1 的值得出的）。

实验数据分析：如表 1。

表 1 电阻元件叠加定理验证

状态	测量电路					
	U1(V)	U2(V)	U3(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)
E1、E2 同时作用(E)	6.82	-8.82	3.18	0.015	0.017	0.032
E1 单独作用	8.49	1.51	1.51	0.018	-2.961m	0.015
E2 单独作用	-1.67	-10.33	1.67	-3.554m	0.02	0.017
叠加结果	E=E1+E2， I=I1+I2					

实验结论：  
该电路符合叠加定理。

b) 采用图 1 电路，将 R3（100 Ω）电阻改成 1N4009 的二极管（正极连接到 A 点上），建立表格，记录测量数据，计算测量结果并分析说明。

Multisim 搭建的仿真电路图：

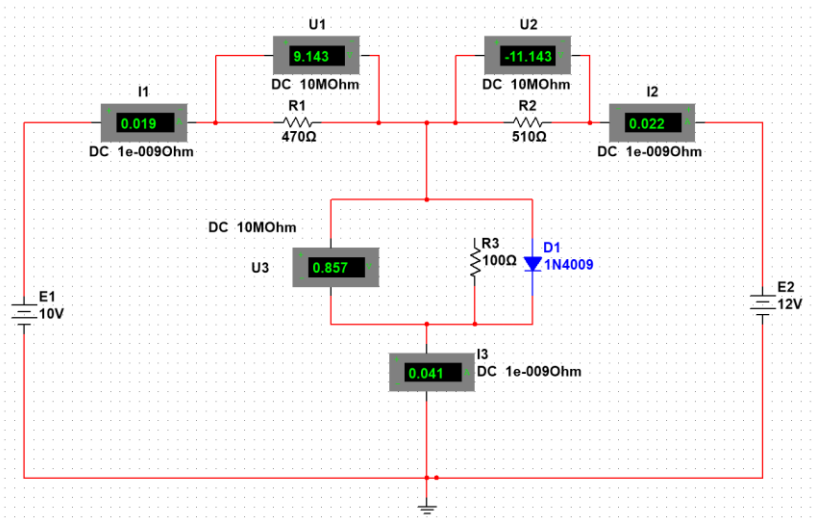


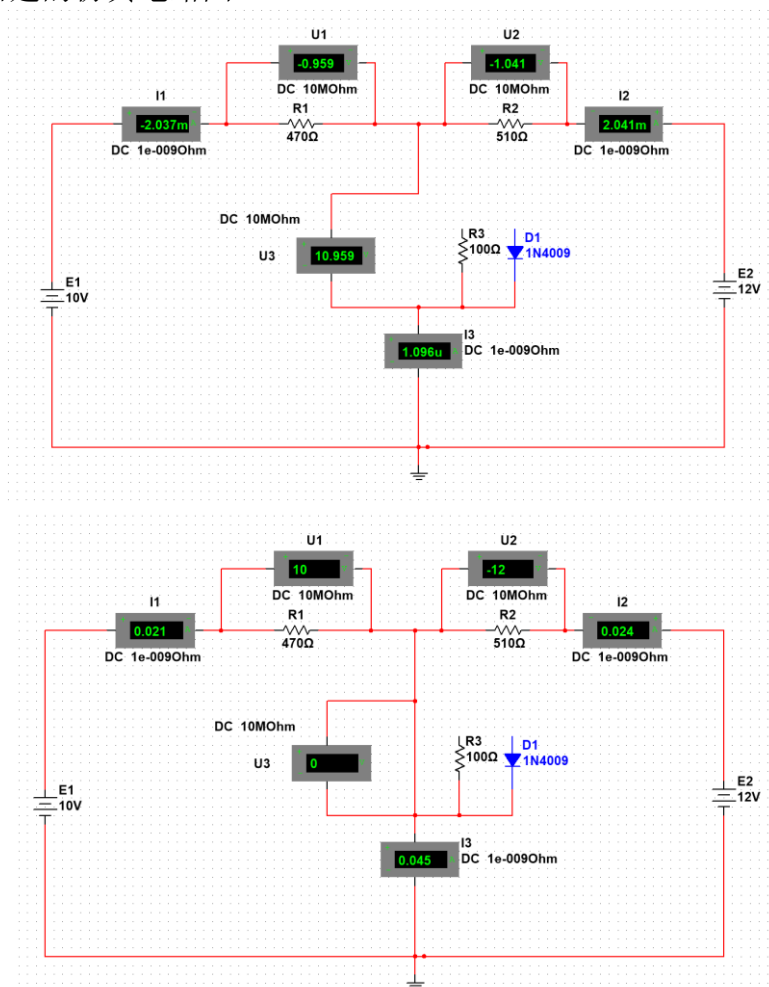
图 5 E1、E2 同时作用



以图 1 电路为例，测量 R3 以外电路的等效电路：

a) 将图 1 中电阻 R3 (100 Ω) 断开，测量电路 A、B 端口开路电压  $U_{oc}$ 。

Multisim 搭建的仿真电路图：



b) 将电阻 R3 短路，测得 AB 端口短路电流  $I_{sc}$ ，计算等效电阻  $R_o$ 。

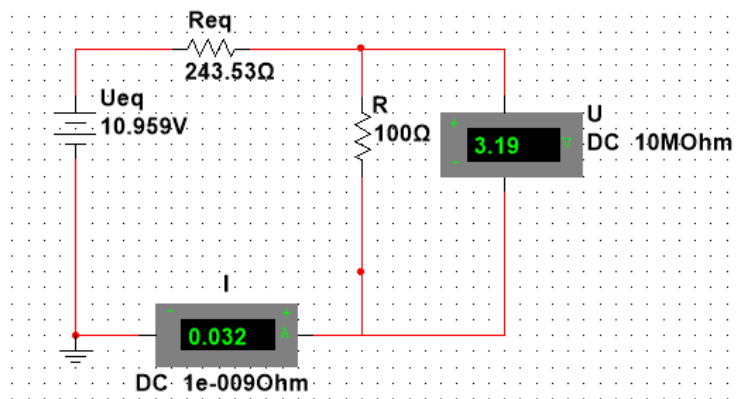
Multisim 搭建的仿真电路图：

则

$$R_{eq} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} = 243.533 \Omega$$

c) 调用直流电压源 (DC\_POWER)，设置相应参数，使其 Value (数值) 等于测得的  $U_{oc}$  的值；调用电阻，设置相应参数，使其 Value 等于计算的  $R_o$  的值。他们一起与 R3 (100 Ω) 串联成一个等效电路，用电压表和电流表测出电阻 R3 两端的电压和流过的电流，对比分析，验证戴维宁定理。

Multisim 搭建的仿真电路图：



实验数据分析：

	理论值	测量值
开路电压 $U_{oc}(V)$	10.959	10.959
短路电流 $I_{sc}(A)$	0.045	0.045
等效电阻 $R_o(\Omega)$	243.533	243.533

	原电路	等效电源电路
负载两端电压 $U(V)$	3.20	3.19
负载电流 $I(A)$	0.032	0.032

可以看到， $R_3$  断路时，电表  $I_3$  有示数  $0.575\mu$ ，这表明电表并不理想。因此，等效电源电路中所测得的负载两端电压为  $3.19V$ ，与原电路  $R_3$  两端电压并不相同。该误差极小，在允许范围内 ( $<1\%$ )。因此，可以认为戴维宁定理成立。

实验结论：

该电路符合戴维宁定理。

## 四、实验使用仪器设备（名称、型号、规格、编号、使用状况）

无

## 五、实验总结

（实验出现的问题及解决方法、思考题（如有）、收获体会等）

a) 电流表的内阻参数默认值为  $1n\Omega$ ，电压表的内阻参数默认值为  $10M\Omega$ ，本实验中他们是否需要重新设置？应如何考虑他们对电路测试结果的影响。

不需要重新设置。在现实中含有内阻的电表可以等效为理想电表与内阻的串并联（电压表串联电阻，电流表并联电阻）。

对于纯电阻电路，内阻的考虑等同于改变电路电阻的值，对定理的验证没有影响。而对于非纯电阻电路，在得出“纯电阻电路符合某定理”的结论后，那么“所研究的电路是否符合该定理”，这与电阻的值大小没有影响。因而不需要考虑电表的实际内阻。

b) 分析实验过程中测量值出现负值的原因。



出现负值的原因是电压或电流的实际方向与假定方向（电表的测量方向）相反。

## 六、参考资料（预习、实验中参考阅读的资料）

无